

Contactless distance measurement apparatus - has measurement coaxial resonator connected to oscillator in precision capacitive measurement sensor

Veröffentlichungsnr. (Sek.) DE4040084
Veröffentlichungsdatum : 1992-06-17
Erfinder : STEINBRENNER ALFRED (DE); KOERNER GERD (DE)
Anmelder :: DITTEL WALTER LUFTFAHRT (DE)
Veröffentlichungsnummer : ☐ DE4040084
Aktenzeichen:
(EPIDOS-INPADOC-normiert) DE19904040084 19901214
Prioritätsaktenzeichen:
(EPIDOS-INPADOC-normiert) DE19904040084 19901214
Klassifikationssymbol (IPC) : G01B7/14 ; G01D5/24
Klassifikationssymbol (EC) : G01B7/02B, G01B7/14, G01D5/241D
Korrespondierende Patentschriften

Bibliographische Daten

A measurement probe (11) distance from the object (12) is determined by evaluating the capacitance between them in evaluation electronics (13) connected to the probe. The electronics contains an oscillator (14) operating in the gigahertz range connected to a frequency analyser (15) and to a measurement coaxial resonator (11) with one open end (16) representing the distance measurement reference point. The other end (17) of the resonator is connected to the oscillator. The frequency analyser forms an absolute or relative distance signal from the oscillator frequency variation dependent on the distance of the open end from the object.

USE/ADVANTAGE - Usable for very short distances in relation to measuring spots as small as 0.02 microns. Ascertaining out of balance or damage on rotating grinding wheel. Suitable for both metallic and non metallic objects. Analysing vibrations of glasses, housing parts, loudspeaker diaphragms, foundations without affecting the vibrating behaviour of the measured part.

Daten aus der **esp@cenet** Datenbank - - 12

19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

12)

Offenlegungsschrift

10)

DE 40 40 084 A 1

51)

Int. Cl.⁵:

G01 B 7/14

G 01 D 5/24

21)

Aktenzeichen:

P 40 40 084.0

22)

Anmeldetag:

14. 12. 90

43)

Offenlegungstag:

17. 6. 92

DE 40 40 084 A 1

71) Anmelder:

Walter Dittel GmbH Luftfahrtgerätebau, 8910
Landsberg/Lech, DE

74) Vertreter:

Manitz, G., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Finsterwald, M.,
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing., 8000 München;
Rotermund, H., Dipl.-Phys., 7000 Stuttgart; Heyn, H.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

72) Erfinder:

Steinbrenner, Alfred, 8911 Weil, DE; Körner, Gerd,
8959 Buching, DE

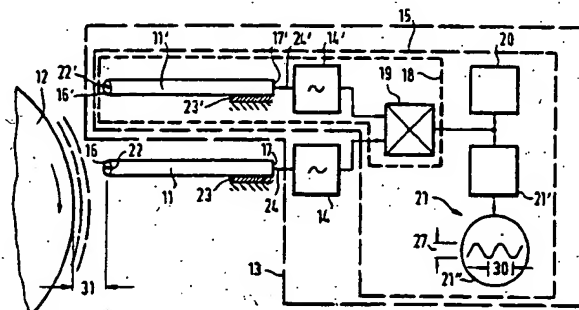
56)

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 29 20 491 C2
DE 31 38 273 A1
DE-GM 19 93 219
DD 2 65 702 A1
US 36 28 136
EP 02 46 576 A1

54) Berührungsloses Abstandsmeßgerät

57) Ein berührungsloses Abstandsmeßgerät weist eine Meßsonde (11) auf, deren Abstand von einem Gegenstand (12) durch Auswertung der Kapazität zwischen Meßsonde (11) und Gegenstand (12) in einer an die Meßsonde (11) angeschlossenen Auswerteelektronik (13) bestimmt wird. Die Auswerteelektronik (13) weist einen im Gigahertzbereich arbeitenden Oszillator (14) auf, der einerseits an eine Frequenzauswertungsschaltung (15) und andererseits an einen einen Teil des Schwingkreises und die Meßsonde (11) bildenden Meß-Koaxialresonator angeschlossen ist, dessen eines Ende offen ist. Die Frequenzauswertungsschaltung (15) bildet aus der vom Abstand des offenen Endes vom Gegenstand (12) abhängigen Frequenzänderung des Oszillators (14) ein absolutes oder relatives Abstandssignal.



DE 40 40 084 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein berührungsloses Abstandsmeßgerät nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Zum Zwecke der berührungslosen Abstandsmessung sind Kapazitätsmeßsonden bekannt, welche die bei Änderungen des Abstandes zwischen der Meßsonde und einem Gegenstand auftretenden Kapazitätsänderungen dahingehend auswerten, daß daraus ein Abstandssignal gebildet wird (vgl. z. B. DE-PS 21 37 545). Problematisch bei derartigen Abstandsmeßgeräten ist jedoch einerseits der erhebliche bauliche und elektrotechnische Aufwand, der hohe Platzbedarf und die unzureichende Genauigkeit, wobei es im allgemeinen auch nötig ist, den bezüglich seines Abstandes von der Meßsonde zu bestimmenden Gegenstand zu erden, falls dieser aus Metall besteht.

Das Ziel der Erfindung besteht darin, ein neues berührungsloses Abstandsmeßgerät nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 zur Verfügung zu stellen. Insbesondere soll dieses neue Meßgerät eine extrem hohe Meßgenauigkeit aufweisen und den Abstand eines räumlich sehr eng begrenzten Meßflecks von der Meßsonde bestimmen können, wobei der bauliche und elektrotechnische Aufwand gering sein sollen.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 vorgesehen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Meßsonde gemäß Anspruch 2 ausgebildet ist.

Das erfindungsgemäße Abstandsgerät ist sowohl zur Messung des Abstandes der Meßsonde von metallischen als auch von nichtmetallischen Gegenständen geeignet. Voraussetzung ist lediglich, daß die Dielektrizitätskonstante des Gegenstandes von der der Luft verschieden ist. Wegen der außerordentlich hohen Meßfrequenz des erfindungsgemäßen Abstandsmeßgerätes braucht der Gegenstand nicht geerdet zu werden. Die Messung beruht nämlich auf der Störung des Feldverlaufes an der Spitze der Meßsonde, d. h., an deren offenem Ende. Der Meßfleck auf dem Gegenstand, von dem der Abstand des offenen Endes der Meßsonde gemessen werden soll, hat lediglich eine Größe, die etwa dem Durchmesser des Innenleiters des Koaxialresonators entspricht.

Als Koaxialresonator kann beispielsweise ein eine dünne Seele, darum herum einen Isolierstoff und im Außenbereich eine metallische Abschirmung aufweisendes Koaxialkabel geeigneter Länge verwendet werden, wobei die Abschirmung und der Innenleiter an einem Ende beispielsweise über ein geeignet dimensioniertes Koaxialkabel mit dem Oszillator verbunden ist, während das andere Ende einfach abgeschnitten wird und offen bleibt. Als eigentliche, den Bezugsort für die Messung darstellende Spitze der Meßsonde ist das Ende des Innenleiters am offenen Ende anzusehen.

Mit dem erfindungsgemäßen Abstandsmeßgerät gelingt es, eine Meßgenauigkeit von Bruchteilen von μm und insbesondere bis zu $0,02 \mu\text{m}$ zu erreichen, wobei die letztendlich erreichte Meßgenauigkeit durch das Grundrauschen des Oszillators bestimmt wird. Aufgrund der hohen Frequenz im Gigahertzbereich und der Güte eines $\lambda/2$ -Koaxialresonators kann man also extrem kleine Wegänderungen messen. Die untere Meßgrenze wird durch die Baugröße des $\lambda/2$ -Koaxialresonators sowie durch das Grundrauschen des Oszillators bestimmt.

Wenn nach einer bevorzugten Ausführungsform das erfindungsgemäße Abstandsmeßgerät zur Bestimmung

der Unwucht oder von Schädigungen einer umlaufenden Schleifscheibe verwendet wird, ist die Wegauflösung so groß, daß sogar gröbere Kornstrukturen der Schleifscheibe beispielsweise auf einem angeschlossenen Oszilloskop erkannt werden können und auf jeden Fall die Funktion der Schleifscheibe beeinträchtigende Umfangsfehler.

Besonders vorteilhaft wird nach Anspruch 3 eine Frequenzhub-Meßvorrichtung verwendet, da es bei der Abstandsmessung nur auf die Abweichung der bei der Messung vorhandenen Frequenz von einer Normalfrequenz ankommt. Die Frequenzhub-Meßvorrichtung kann vorteilhafterweise gemäß Anspruch 4 ausgebildet werden, wobei vorteilhafte Auswertemethoden durch die Ansprüche 5 bis 7 gekennzeichnet sind.

Aufgrund der Ausbildung nach Anspruch 8 kann mittels des Referenz-Koaxialresonators auch noch eine weitgehende Temperaturkompensation bei der Messung verwirklicht werden.

Die Erfindung wird im folgenden beispielsweise anhand der Zeichnung beschrieben; in dieser zeigt:

Fig. 1 eine schematische blockschaltbildartige Darstellung eines erfindungsgemäßen berührungslosen Abstandsmeßgerätes in Anwendung bei der Fehlermessung an einer Schleifscheibe,

Fig. 2 eine schematische Axialansicht einer fehlerhaften Schleifscheibe mit einer in geringem Abstand von deren Außenumfang angeordneter Meßsonde und

Fig. 3 ein Weg-Zeitdiagramm, wie es vom Oszilloskop 21' nach Fig. 1 aufgezeichnet wird, wenn die umlaufende Schleifscheibe die in Fig. 2 dargestellten Fehler aufweist.

Nach Fig. 1 ist gegenüber dem Außenumfang einer in Pfeilrichtung umlaufenden Schleifscheibe 12 ein $\lambda/2$ -Koaxialresonator 11 als Meßsonde angeordnet. Der Koaxialresonator 11 weist ein offenes Ende 16 auf, an welchem der Innenleiter 22 und die ihn mit Abstand umgebende und durch einen Isolierstoff getrennte metallische Abschirmung keine metallische Verbindung miteinander aufweisen. Am entgegengesetzten Ende 17 ist der Koaxialresonator 11 an einer Basis 23 im Meßgerät unverrückbar angeordnet, um die Abstandsmessung nicht durch eine mangelnde Halterung des Koaxialresonators 11 zu beeinträchtigen. Bei 24 sind der Innenleiter und die Abschirmung mit einem Oszillator 14 verbunden, der einen im Gigahertzbereich schwingenden Schwingkreis enthält, der entweder durch den Koaxialresonator 11 gebildet wird oder den Koaxialresonator 11 als wichtiges frequenzbestimmendes Element enthält. Die Basis 23 ist zweckmäßigerweise die Platine, die den Oszillator 14 enthält. Der Koaxialresonator 11 ist also über die elektrische Verbindung 24 in den Oszillator 14 integriert.

Der Oszillator 14 ist Bestandteil der Auswertelektronik 13, innerhalb der außerdem eine Frequenzauswerteschaltung 15 vorgesehen ist. Diese enthält eine Frequenzhub-Meßvorrichtung 18, welche aus einem dem Meß-Koaxialresonator 11 genau entsprechenden Referenz-Koaxialresonator 11' mit einem offenen Ende 16' und einem an einen weiteren Oszillator 14' mit gleicher Frequenz und Ausbildung wie der Oszillator 14 bei 24' angeschlossenen anderen Ende 17'. Auch dieser Koaxialresonator 11' ist fest auf einer Basis 23' angebracht, welche bevorzugt die Oszillatorplatine ist.

Die beiden Ausgänge der Oszillatoren 14, 14' sind an eine Frequenzdifferenz-Bildungsstufe 19 angelegt, welche ein aus den Frequenzen der Oszillatoren 14, 14' gebildetes Differenzfrequenzsignal abgibt. Das Aus-

gangssignal der Frequenzhub-Meßvorrichtung 18 bzw. der Frequenzdifferenz-Bildungsstufe 19 ist gleich Null, wenn die beiden Eingangssignale die gleiche Frequenz haben, was dann der Fall sein soll, wenn die Meßsonde 11 von einem zu messenden Gegenstand einen extrem großen Abstand hat.

Das Ausgangssignal der Frequenzdifferenz-Bildungsstufe 19 ist zum einen an einen Differenzfrequenzmesser 20 und zum anderen an ein Analysegerät 21 angelegt, welches aus einem Frequenzmodulations-Detektor 21' und einem an diesen angeschlossenen Oszilloskop 21'' besteht.

Die Funktion des erfindungsgemäßen Abstandsmeßgerätes wird nun anhand der Fig. 1 bis 3 am Beispiel der Unwucht- bzw. Beschädigungsmessung an einer Schleifscheibe 12 beschrieben:

Gemäß Fig. 2 sei angenommen, daß die Schleifscheibe mit einer Exzentrizität 25 von fünf μm gelagert ist, also eine entsprechende Unwucht aufweist. Weiter sei angenommen, daß die Schleifscheibe an ihrem Außenumfang eine Beschädigung 26 in Form einer Kerbe aufweist.

Wenn sich die Schleifscheibe 12 nunmehr dreht und das offene Ende 16 der Meßsonde 11 in geringem Abstand gegenüber dem Außenumfang der Schleifscheibe 12 angeordnet ist, so erfolgen periodisch Annäherungen des Außenumfangs der Schleifscheibe 12 an das offene Ende der Meßsonde 11, was in Fig. 1 schematisch durch zwei gestrichelte Linien angedeutet ist.

Auf dem Oszilloskop 21'' erscheint dann ein Diagramm, wie es in Fig. 3 schematisch wiedergegeben ist. Die Ordinate gibt die von einem Grundabstand aus gerechneten Wegabweichungen W wieder, die Abszisse die Zeit t .

Man erkennt, daß das von der Frequenzdifferenz-Bildungsstufe 19 abgegebene und im Frequenzmodulations-Detektor 21' analysierte Wegsignal grundsätzlich periodisch um die Abszisse schwankt, wobei die doppelte Amplitude 27 ein Maß für die exzentrische Lagerung der Schleifscheibe 12 ist. Die Kerbe 26 am Außenumfang der Schleifscheibe 12 macht sich durch kleine gegenläufige Spitzen 28 in der Sinuskurve 29 bemerkbar. Die Periode 30 der Sinuskurve in Fig. 3 ist durch die Drehzahl bzw. die Zeit bestimmt, die die Schleifscheibe 12 für einen Umlauf benötigt.

Auf dem Oszilloskop 21'' wird also die Fehlerhaftigkeit der Lagerung und der Ausbildung der Schleifscheibe 12 mit einer sehr hohen Auflösung analysiert.

Mit der erfindungsgemäßen Anordnung kann aber auch der in Fig. 1 angedeutete Basisabstand 31 des offenen Endes 16 des Koaxialresonators 11 vom Außenumfang der Schleifscheibe 12 bestimmt werden, indem der Frequenzmesser 20 die durch diesen Abstand 31 bedingte Differenzfrequenz zur Anzeige bringt. Das entsprechende Anzeigegerät 20 kann gleich in Abständen geeicht werden.

Obwohl das erfindungsgemäße Abstandsmeßgerät am Beispiel der Unwucht- und Beschädigungsmessung an einer Schleifscheibe 12 beschrieben worden ist, ist es auch für andere Abstands- bzw. Abstandsänderungsmessungen verwendbar, wo es auf eine Meßgenauigkeit im Bereich sogar von Bruchteilen von μm ankommt. Insbesondere vorteilhafter Weise kommen hier als Meßobjekte Drehkörper in Betracht, deren Unwucht (Wellenschlag) bestimmt werden kann. Es lassen sich mittels der erfindungsgemäßen Meßsonde aber auch Schwingungen beliebiger Art im Bereich von weniger als ein μm analysieren, beispielsweise die Schwingungen von Gläsern, Gehäuseteilen, Lautsprechermembranen, Funda-

menten usw. Ein besonderer Vorzug des berührungslosen Abstandsmeßgerätes gemäß der Erfindung ist, daß es das Schwingungsverhalten der gemessenen Teile nicht beeinflußt.

Der Referenz-Koaxialresonator 11' kann auch zur Temperaturkompensation verwendet werden, indem er im gleichen Temperaturbereich wie der Meß-Koaxialresonator 11 angeordnet ist. Entsprechendes gilt für die Oszillatoren 14, 14'. Soweit die Bestandteile dieser Schaltung in gleicher Weise mit der Temperatur aber auch mit der Zeit in gleicher Weise driften, macht sich dies im Ausgangssignal nicht bemerkbar.

Von besonderer Bedeutung ist, daß die Differenzfrequenz am Ausgang der Frequenzdifferenz-Bildungsstufe 19 proportional der absoluten Abstandsänderung ist. Im übrigen hängt die Frequenzdifferenz nur noch von einem Faktor ab, der durch das zu vermessende Material bestimmt ist. Materialabhängig kann der Frequenzmesser 20 auf Abstände bzw. Abstandsänderungen geeicht werden.

In dem Frequenzmodulationsdetektor 21' wird bei schwingenden Bewegungen des Gegenstandes 12 die Frequenzmodulation ausgewertet. Sie ist ebenfalls proportional der Schwingbewegung.

Für kleine, kurze Meßsonden kann man erfindungsgemäß mit besonderem Vorteil koaxiale Keramikresonatoren verwenden, da diese durch die hohe Dielektrizitätskonstante sehr kurz (z. B. 12 mm bei 1 GHz) ausgebildet werden und bevorzugt Temperaturkoeffizienten von 0 ppm pro $^{\circ}\text{K}$ aufweisen können. Statt durch den zweiten Oszillator 14' kann eine Frequenzherabsetzung auch durch einen dem Oszillator 14 folgenden vielstufigen Frequenzteiler, der die Frequenz z. B. um einen Faktor 100 herabsetzt, erfolgen. Eine Meßfrequenz von 1 GHz kann auf diese Weise auf 10 MHz herabgesetzt werden, was eine einfachere Auswertung erlaubt.

Der erfindungsgemäße Gigahertzbereich liegt bevorzugt in der Größenordnung von 1 GHz. Er kann sich bevorzugt von etwa 400 MHz bis 1,5 GHz insbesondere 800 MHz bis 1,2 GHz erstrecken und liegt insbesondere um 1 GHz.

Der Innenleiter 22, 22' kann einen Durchmesser von etwa 1 mm aufweisen. Der normale Meßabstand A (Fig. 2) zwischen offenem Ende 16 und Gegenstand 12 liegt in der Größenordnung von 1 mm. Hier ergibt eine Abstandsschwankung von $\pm 100 \mu\text{m}$ bei einer Grundfrequenz von 1 GHz eine Frequenzschwankung von 6 MHz.

Patentansprüche

1. Berührungsloses Abstandsmeßgerät mit einer Meßsonde (11), deren Abstand von einem Gegenstand (12) durch Auswertung der Kapazität zwischen Meßsonde (11) und Gegenstand (12) in einer an die Meßsonde (11) angeschlossenen Auswerteelektronik (13) bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteelektronik (13) einen im Gigahertzbereich arbeitenden Oszillator (14) aufweist, der einerseits an eine Frequenzauswerteschaltung (15) und andererseits an einen Teil des Schwingkreises und die Meßsonde (11) bildenden Meß-Koaxialresonator angeschlossen ist, dessen eines Ende (16) offen ist und den Bezugsort für die Abstandsmessung darstellt, während das andere Ende (17) mit dem Oszillator (14) verbunden ist, wobei die Frequenzauswerteschaltung (15) aus der vom Abstand des offenen Endes (16) vom Gegen-

stand (12) abhängigen Frequenzänderung des Oszillators (14) ein absolutes oder relatives Abstandssignal bildet.

2. Abstandsmeßgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßsonde (11) ein $\lambda/2$ -oder $\lambda/4$ -Koaxialresonator ist.

3. Abstandsmeßgerät nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzauswerteschaltung (15) eine Frequenzhub-Meßvorrichtung (18) enthält, welche die Frequenzabweichung des Oszillators (14) von einem Normalwert, der vorzugsweise bei sehr großem Abstand der Meßsonde (11) von einem Gegenstand (12) vorliegt, bestimmt.

4. Abstandsmeßgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzhub-Meßvorrichtung einen zweiten, gleichartigen Oszillator (14') mit daran angeschlossenen zweiten gleichartigen Referenz-Koaxialresonator (11'), der in größenordnungsmäßigen größerem Abstand vom Gegenstand (12) als der Meß-Koaxialresonator (11) angeordnet ist und eine Frequenz-Differenz-Bildungsstufe (19) umfaßt, an deren beide Eingänge die Frequenzsignale der beiden Oszillatoren (14, 14') anliegen und deren Frequenzdifferenz-Ausgangssignal zur Abstandsbestimmung ausgewertet wird.

5. Abstandsmeßgerät nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzhub-Meßvorrichtung (18) an einen vorzugsweise in absoluten Abständen geeichten Differenzfrequenzmesser (20) angelegt ist.

6. Abstandsmeßgerät nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzhub-Meßvorrichtung (18) ein periodische Differenzfrequenz-Änderungen feststellendes Analysegerät (21) aufweist.

7. Abstandsmeßgerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Analysegerät (21) aus einem Frequenzmodulations-Detektor (21') und einem daran angeschlossenen Oszilloskop (21'') besteht.

8. Abstandsmeßgerät nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Referenz-Koaxialresonator (11') innerhalb des gleichen Temperaturbereiches wie der Meß-Koaxialresonator (11) angeordnet ist.

9. Abstandsmeßgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es als Schleifscheiben-Unwucht-und/oder Beschädigungs-Feststellgerät verwendet wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

Fig. 1

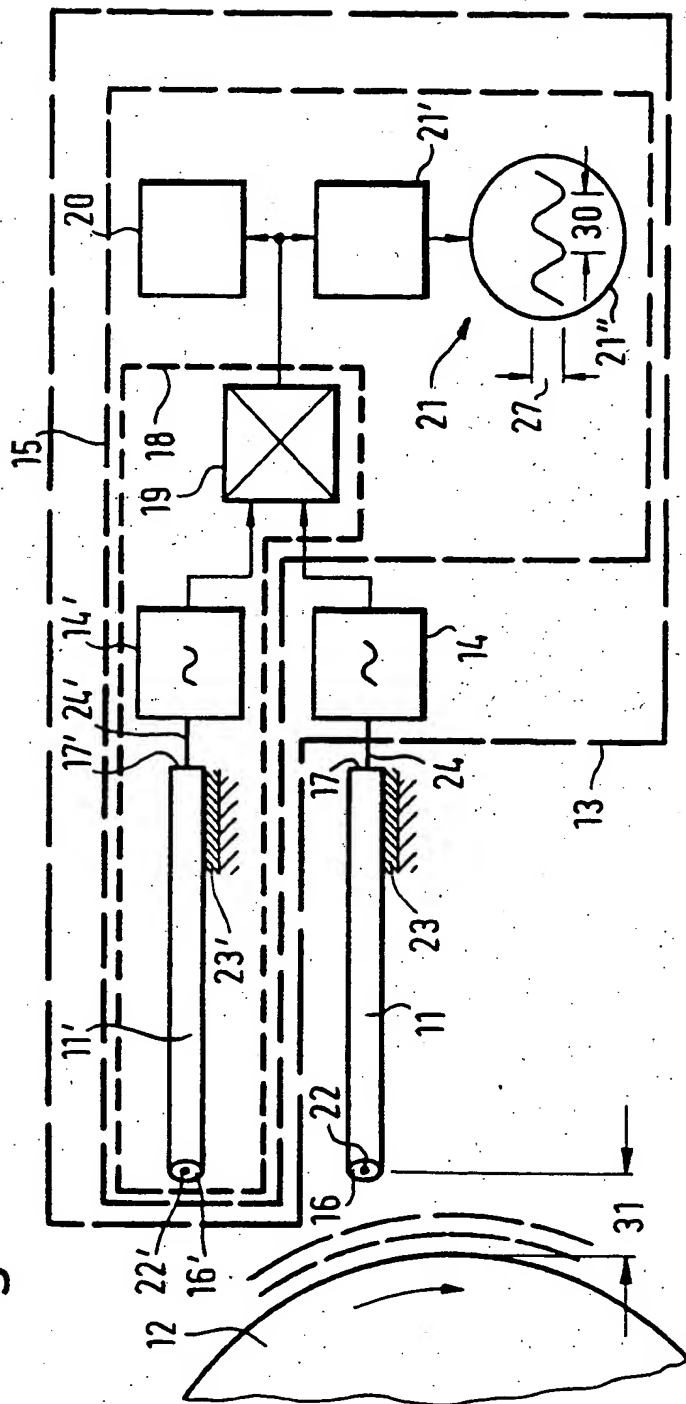


Fig. 2

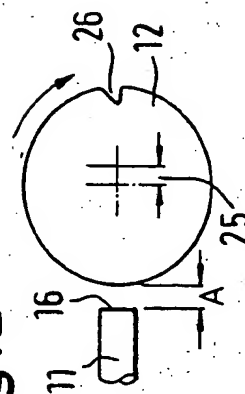


Fig. 3

